Transport Canada / Transports Canada
Library and Information Centre /
Centre de Documentation GSLA
Ottawa, Canada K1A 0N5

TP 2753

PERFECTIONNEMENTS TECHNOLOGIQUES SUR LE PLAN INTERNATIONAL DANS LE DOMAINE DU TRANSPORT MARITIME

Direction de la planification, de la programmation et des finances maritimes
Administration canadienne du transport maritime
Transports Canada

Septembre 1981

PERFECTIONNEMENTS TECHNOLOGIQUES
SUR LE PLAN INTERNATIONAL
DANS LE DOMAINE DU TRANSPORT MARITIME

Table des matières

SECTION	TITRE	PAGE
	Avant-propos	(i)
1	Transport maritime	1
2	Aides classiques	19
3	Aides électroniques et communications	23
4	Terminaux	31
5	Manutention des marchandises	38
6	Dépollution	43
7	Conclusions	49

AVANT-PROPOS

Le présent rapport donne un aperçu des perfectionnements technologiques qui se sont produits dans le domaine du transport maritime. Pour que ce moyen de transport puisse soutenir la concurrence en dépit de l'escalade des prix du combustible et des coûts des biens d'investissement et de la main-d'oeuvre, la nécessité s'impose d'accroître la productivité. Or, l'accroissement de la productivité est intimement lié au développement et à l'application de nouvelles techniques. En outre, la mise en valeur des ressources énergétiques et minérales dans le Grand nord canadien et sur la côte est nécessitera l'établissement de services de transport capables de fonctionner dans des conditions de température extrêmes et en eaux englacées dangereuses.

Ce rapport a été préparé en 1980 par M. Shyam Khubchandani. Il a été mis à jour sous la direction du Bureau de l'énergie maritime et de R et D à l'aide des informations fournies par Arctec Canada Ltd. ainsi que par la Garde côtière canadienne, le Conseil des ports nationaux et l'Administration de la voie maritime du Saint-Laurent. Il avait à l'origine pour objet d'aider le Conseil consultatif maritime à prendre des décisions sur des questions d'ordre technologique qui se posaient dans la mise en oeuvre de son programme de travaux. Toutefois, la nouvelle orientation que s'est donné le Conseil, soit celle de jouer un rôle plus consultatif, est venu infirmer l'objet initial du rapport qui, dès lors, ne doit plus être envisagé comme un instrument de prise de décision. Aussi le présent document a-t-il un rôle purement informationnel.

L'utilité véritable d'un rapport du genre de celui-ci tient essentiellement à son caractère pratique. Nous invitons donc les lecteurs à nous faire part de leurs commentaires et de leurs suggestions et de les adresser, le cas échéant, soit à moi, soit à M. W. Ellwood, chef du Bureau de l'énergie maritime et de R et D.

Le Directeur de la planification, de
la programmation et des finances
maritimes,

André P. Gagnon

Section 1.--TRANSPORT MARITIME

1.1 Le mode de transport maritime est le plus économique. Il jouit donc d'une très grande faveur dans l'acheminement des marchandises, tant sur le plan national qu'international. Les vingt-cinq années qui ont précédé le début de la décennie 1970 ont été marquées par l'avènement de navires spécialisés servant au transport du mazout, du gaz de pétrole liquefié, du charbon, des conteneurs (par manutention horizontale), des véhicules (par roulage direct) et d'autres produits ou objets similaires. La conception de la coque et les appareils propulseurs de ces navires ont fait des progrès considérables et des systèmes spécialisés de manutention et d'arrimage des cargaisons ont été mis au point. Ces perfectionnements ont eu un effet cumulatif. D'importantes innovations sont apparues, notamment la turbine à gaz marine, la propulsion nucléaire à titre expérimental et l'adoption de techniques visant à améliorer la performance, telle celle de l'étrave bulleuse.

Depuis les premières années de la décennie 1970, l'impulsion donnée au développement technologique s'est infirmée. L'escalade rapide du prix des combustibles et les pénuries de pétrole qui s'annoncent sont au coeur des préoccupations de l'heure. On met également l'accent sur la sécurité, surtout en vue de prévenir la pollution maritime, et sur l'automatisation afin de réduire le nombre des membres d'équipage et, du même coup, les coûts de la main-d'oeuvre.

Des services transbordeurs rapides et peu coûteux ont été établis sur les chenaux à fort trafic afin de répondre aux besoins accrus des véhicules commerciaux et à ceux, un peu moins prononcés, des passagers. Les perfectionnements apportés aux navires à effet de sol (NES), tels que les hydroptères et les aéroglisseurs, ont permis à ces navires de faire fonction de transbordeurs aux endroits où le trafic et le milieu s'y prêtaient. On utilise des navires à effet de sol dans le golfe du Mexique pour ravitailler les installations de forage pétrolifères et on songe à les employer comme bateaux-pompes, navires de recherche et de sauvetage et navires de recherche hydrographique. Les NES et d'autres types de véhicules évolués, tels que les appareils à ailes en effet de sol, les plans rapportés d'hydroplanage et les tracteurs à vis d'Archimède, font de plus en plus l'objet d'applications spécialisées et servent, par exemple, de véhicules amphibies et de brise-glace.

1.2 RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE

Au cours des années 1970, les coûts du combustible ont augmenté d'environ 10% à plus de 40% proportionnellement aux frais globaux d'exploitation (financement compris). La conception des navires, qui auparavant mettait l'accent sur la capacité de charge maximale, est désormais axée sur le rendement énergétique. Les perfectionnements technologiques intervenus dans ce domaine sont mis en relief ci-après sous les rubriques: Taille et type de navires, Forme de la coque, Appareils propulseurs, Moyens de remplacement du combustible.

(i) Taille et type de navires

La pléthore de navires sur le marché mondial par suite de la crise énergétique est venue freiner l'accroissement des dimensions des navires de tous les types: navires-citernes, porte-conteneurs, vracquiers. Toutefois, la taille de certains types de navires spécialisés augmentera vraisemblablement de nouveau afin de réaliser des économies d'échelle.

Le perfectionnement des navires à affectation spéciale, tels ceux à manutention horizontale ou à roulage direct et ceux du type LASH (Lighter Aboard Ship) se poursuit. Leurs dimensions augmentent et leur matériel technique est d'une plus grande complexité. Ils ont démontré les progrès qu'il est possible de réaliser dans le cas de transporteurs à affectation unique. Les navires à affectations multiples jouissent toujours d'une grande faveur et sont munis de systèmes innovateurs de chargement et de déchargement.

Les types suivants de navires spécialisés, qui viennent répondre à des besoins déterminés ne se rattachant pas nécessairement au rendement énergétique, sont dignes de mention:

- les gros bateaux de pêche et les gros chalutiers, en raison de l'accès à la zone économique de 200 milles, les bateaux-mères et les navires usines;

- les gros bateaux de pêche côtière de grande largeur, conçus de façon à porter leur capacité au maximum par suite des nouveaux règlements régissant la pêche côtière. (Les efforts que tentent les compagnies

importantes de pêche en vue de maximiser leurs revenus ont abouti à la construction de bateaux dont les dimensions les rendront peu aptes à tenir la mer);

- les navires submersibles poseurs de mines pour l'exploitation du fond de la mer et navires-ateliers submersibles pour la réparation des câbles et des pipe-lines sous-marins;

- les navires de forage par rodage du type pivotant et à soulèvement par vérins et les ravitailleurs servant au déglaçage et à la manoeuvre des ancres;

- les canots pneumatiques rigides qui réunissent les avantages de la faiblesse de poids et de la construction robuste des embarcations gonflables à base de coque rigide permettant de "planer" en toute sécurité et qui servent au transport rapide du personnel, au sauvetage, etc.

(ii) Forme de la coque

Pour établir la forme de coque la plus économique, il faut tenir compte à la fois des frais de construction et d'exploitation. Malheureusement, les formes effilées et courbées qui opposent le minimum de résistance et entraînent des frais d'exploitation moindres sont les plus coûteuses à fabriquer. On a donc établi un certain nombre de conceptions "de compromis" qui prévoient la réunion de

profilés à courbure unique de façon à former une coque offrant une résistance réduite raisonnable et un grand rendement de propulsion. Des profilés de ce genre sont apparus dans les modèles réalisés au Danemark et en Allemagne. Au Canada, deux navires jumeaux des lacs d'un port en lourd de 30,000 tonnes ont été construits aux chantiers de Port Weller en 1978-1979. L'un d'eux présente la forme de coque traditionnelle, l'autre est muni d'une coque dite "économique" qui s'inspire du modèle danois. Le modèle à coque traditionnelle a une puissance au frein de 10,000 chevaux et le modèle à coque économique de 8,650 chevaux et les performances observées sont comparables. Les économies annuelles réalisées en frais de combustible de soute, aux prix courants, excèdent $300,000.

Les revêtements améliorés de coques, tels que les copolymères autopolissants et les techniques automatisées de nettoyage de la carène jouissent d'une plus grande faveur à mesure que sont quantifiés les résultats sur les moyens de prévenir la salissure des coques.

(iii) Systèmes de propulsion

Diverses tendances se sont manifestées dernièrement dans le domaine des moteurs primaires. Elles portent notamment sur le développement de moteurs diesel d'avant-garde à moyenne vitesse dont la consommation de combustible est comparable à celle des turbines à gaz marines de la dernière génération, sur la normalisation des turbines à gaz marines disponibles et l'augmentation de leur rayon d'action et, lorsque les conditions de service le permettent, sur le retour aux moteurs diesel fonctionnant à petite vitesse.

La mise au point d'un système de propulsion électrique à machines unipolaires (cryogéniques) qui se poursuit surtout au Royaume-Uni et aux Etats-Unis pourra aboutir à l'utilisation commerciale de ce système qui, à l'entraînement, présente une propulsion électrique plus efficace et beaucoup plus douce. Les applications à ce jour visent les navires de guerre, mais la souplesse qu'offre le système en question présente des attraits pour le concepteur de navires marchands qui recherche une capacité de charge maximum et un rendement énergétique optimal.

Il est préférable d'utiliser, conjointement avec ce système de propulsion, des hélices à rotation lente de gros diamètre pour les très gros pétroliers (port en lourd de 150,000 tonnes) et les navires semblables, alors qu'elles peuvent donner leur maximum de rendement. Pour neutraliser l'effet des vibrations, un grand nombre de ces hélices sont très biaises et/ou élancées, de sorte que leur conception et leur fabrication sont complexes et que des matériaux spéciaux entrent dans leur construction.

Lorsqu'il se présente des conditions de service particulières, par exemple la nécessité d'une forte poussée quand le navire marche à petite vitesse, on continue à utiliser des hélices spéciales, telles que des hélices cycloïdes (Voith Schneider), carénées et à tuyère orientable en gisement. Les améliorations apportées aux techniques de conception analytique permettent à ces dispositifs de développer marginalement un plus grand rendement, et leur perfectionnement technique se traduit par une plus grande fiabilité.

D'autres progrès ont vu le jour: l'utilisation d'hélices contra-rotatives (sur arbre simple) et, lorsqu'on utilise les hélices à pas réglable, le développement de systèmes de commande du pas souvent complexes afin d'optimiser les réglages du pas en fonction du profil opérationnel du navire.

Des hélices très biaises (utilisées surtout afin de réduire les vibrations dues à la cavitation) sont employées depuis quelque temps. On en a développé dernièrement une version à pas réglable. En plus d'accomplir leur fonction principale, soit celle de prévenir les vibrations, elles concourent à l'économie de combustible du fait que si un certain niveau de vibration est exigé, elles répondent à ce besoin grâce à leur long diamètre et au nombre inférieur de tr/mn de l'arbre, d'où obtention d'un meilleur rendement de propulsion.

L'expérience qu'a permise d'acquérir le CANMAR KIGORIAK démontre que l'hélice à pas réglable LIPS, logée dans une tuyère orientable Kort, offre des avantages lors des opérations arctiques, notamment celui de renouveler l'eau sous l'hélice lorsque le navire est entouré de glaces.

(iv) Autres formes de combustible

Les navires chauffant au charbon font de nouveau leur apparition et, cette fois, ils font appel à la technologie de pointe en matière de stockage et de combustion. Des études démontrent que les taux du fret exigés sont abaissés d'environ 20% et que ce sont les gros navires, rapides et puissants, qui permettent de réaliser les

plus fortes économies. Les recherches se poursuivent dans ce domaine et il se fait des essais en vraie grandeur au moyen de mélanges de charbon et d'huile lourde et de différentes techniques d'injection du charbon. Une société britannique a mis au point un système fermé de combustible, télécommandé, qui fait passer le charbon des soutes aux foyers des chaudières. On a fait l'essai de bouillies de charbon et de combustible diesel sur des moteurs diesel marchant à petite vitesse et l'on a utilisé avec succès un mélange de charbon finement pulvérisé (32% au poids) et d'huile diesel.

Dans le cas des petits navires qui ne peuvent se munir de soutes à charbon sans subir une lourde perte de charge payante, ils peuvent avoir recours à d'autres combustibles, notamment au méthanol, que consomment les moteurs diesel actuels.

On procède à la conception de méthaniers qui utilisent pour les turbines à gaz, comme combustible, du gaz qui s'échappe des citernes de stockage. L'homogénéité des cargaisons et des combustibles de soute présentera aussi des attraits pour les navires-citernes porteurs de pétrole brut une fois que les moteurs diesel et les turbines à vapeur auront subi des améliorations leur permettant de consommer des huiles résiduelles plus lourdes contenant des impuretés.

Il a été démontré que la propulsion nucléaire peut être appliquée avec succès aux navires de guerre lorsque les règles normales de l'économie commerciale n'interviennent pas dans l'investissement de capitaux. Son application aux navires de commerce reste à démontrer

au point de vue économique et des doutes subsistent au sujet de son acceptation au plan social, comme en témoignent les SS SAVANNAH, MUTSU et OTTO HAHN. Dans le cas des très gros navires qui ont besoin d'une puissance supplémentaire, par exemple pour le déglaçage, la propulsion nucléaire peut présenter des attraits mais il reste des problèmes techniques à résoudre et il y a lieu de tenir compte du coût initial. Les Soviétiques, qui possèdent plusieurs années d'expérience dans la construction et l'exploitation de brise-glace à propulsion nucléaire, ont conçu un porte-chalands à propulsion atomique destiné aux opérations arctiques. Ce porte-chalands naviguerait dans les mers englacées jusqu'à des ports libres de glace où il mettrait à l'eau les chalands qui, ensuite, seraient toués par des remorqueurs.

Des navires à moteur assistés par des voiles ont été construits au Japon et aux Etats-Unis et sont censés avoir permis de réaliser des économies de combustible d'environ 20%. Le SHIN AITOKU MARU, navire-citerne à deux mâts, mû par des moteurs diesel et d'un port en lourd de 1,600 tonnes, a été lancé au Japon. L'ensemble comprend un micro-ordinateur qui oriente les voiles et réduit la puissance des moteurs diesel d'une valeur égale à celle que produisent les voiles. Le micro-ordinateur permet aussi à un seul homme de s'occuper du compartiment des machines.

Il est peu probable qu'on en vienne à utiliser avec succès dans le commerce des navires marchant entièrement à la voile. Dans les voies donnant accès aux ports et dans les passages resserrés, la direction et la vitesse du vent et les courants de marée les empêcheraient souvent de gouverner et il faudrait en l'occurrence recourir à une source auxiliaire d'énergie.

1.3 SÉCURITÉ

L'impulsion donnée à la sécurité est surtout venue des pressions politiques et sociales exercées par l'entremise de l'OMCI, institution spécialisée des Nations Unies chargée des affaires maritimes. La Commission de sécurité maritime de l'OMCI, aidée de ses différentes sous-commissions d'experts-conseils, continue à se tenir au fait des innovations technologiques qui se produisent dans le secteur maritime. L'échange d'idées et d'objectifs de la part des organismes gouvernementaux et de réglementation qui sont représentés auprès de l'OMCI constitue une base utile pour l'établissement de normes fondamentales. Les domaines étudiés comprennent: l'explosion des navires-citernes, la prévention des abordages, les marchandises dangereuses, la protection contre l'incendie, la sauvegarde de la vie humaine et la pollution maritime. Des codes ayant subi des améliorations traitent maintenant du lavage du pétrole brut et de la séparation des citernes à ballast.

La sécurité en mer embrasse non seulement la conception des navires et le matériel maritime mais aussi les consignes d'exploitation et les attitudes, deux points d'extrême importance. La plupart des accidents qui surviennent en mer sont attribuables à des erreurs humaines et la question qui doit surtout retenir l'attention est celle de la formation du personnel. En ces dernières années, des simulateurs marins ont été mis en service dans un grand nombre de pays maritimes importants. Ils vont de systèmes interactifs simples assistés par mini-ordinateurs à des installations complexes et coûteuses qui projettent les passerelles de navire et les images visuelles reconstituées et dont une batterie d'ordinateurs injectent les opérations

normales et d'urgence des navires.

Il existe aussi des simulateurs qui permettent aux opérations de "conduire" dans des maquettes de ports des navires établis sur modèles à grande échelle.

En plus de servir à la formation de base, les simulateurs sont employés pour la recherche sur les manoeuvres des navires et les enquêtes sur les accidents. A mesure que les ordinateurs permettent d'effectuer des calculs plus poussés et d'assurer une interaction vidéo complexe avec les opérateurs sous de plus petits formats et à des coûts moindres, la possibilité d'en généraliser l'utilisation s'est accrue et elle constituera le plus grand apport à la sécurité du transport maritime.

1.4 AUTOMATISATION

Les améliorations apportées à la conception des navires en vue de faciliter l'accès, l'arrimage et la manutention des cargaisons et l'exploitation des navires se sont accompagnées de perfectionnements technologiques des microprocesseurs qui se traduisent par une extension de l'automatisation. De nouvelles innovations technologiques apportées aux pilotes automatiques ont démontré que ceux-ci peuvent réaliser de grandes économies de combustible par la réduction de la résistance qu'oppose le gouvernail et l'obtention de meilleures performances. Les ordinateurs calculent aussi la vitesse optimale des navires sur trajets réguliers en tenant compte des effets du vent, des courants, des conditions météorologiques, etc. Par suite, on peut établir des

horaires plus précis et économiser une plus grande quantité de combustible.

Les perfectionnements technologiques apportés aux systèmes d'automatisation sont, pour la plupart, des retombées des programmes spatiaux et de défense. Lors même qu'ils permettent de réduire les effectifs des navires, la nécessité s'impose d'accroître le degré de compétence et de connaissances des équipages techniques afin d'assurer l'entretien de ces systèmes.

Les cas suivants, au stade expérimental, témoignent éloquemment de la possibilité de réduire les équipages de navire:

- Des navires Brostrom (groupe suédois) à manutention horizontale trafiquent à l'échelle mondiale avec des équipages de moins de 20 membres;
- Des vracquiers grecs de la classe "Friendship" à affectations multiples ont des équipages de 16 membres;
- De très gros pétroliers japonais n'ont que 9 membres d'équipage.

En plus des équipages techniques qui doivent posséder un plus haut degré de compétence et de connaissances, il y a lieu de disposer d'un personnel minimum pour assurer le service de quart (sécurité) et exécuter les travaux ménagers et de servitude. Cette diminution notable du nombre des membres d'équipage aura des répercussions sur la

formation, les perspectives d'avenir de la motivation des gens de mer.

1.5 NAVIRES À PASSAGERS

Le trafic maritime des passagers s'est polarisé autour des voyages d'agrément (croisières) et des services transbordeurs. Ceux-ci ont donné naissance à l'utilisation commerciale des hydroptères et des aéroglisseurs.

L'application commerciale du principe de l'hydroptère, domaine dans lequel Bell Canada a fait oeuvre de pionnier, revient surtout à l'URSS et à l'Italie et remonte aux premières années de la décennie 1950.

Ces navires faisaient généralement appel, à l'instar de l'HMCS BRAS D'OR de la Marine canadienne, à un système porteur à aile émergente qui, tout en leur permettant d'évoluer à grande vitesse par mer calme, subissait l'influence des vagues et dès lors ne se prêtait pas à l'exploitation en dehors des eaux côtières, fluviales ou abritées.

La U.S. Navy effectue depuis quelques années des expériences sur les hydroptères et une configuration, qui utilise des plans porteurs commandés, entièrement immergés, et a été conçue par la société Boeing de Seattle, s'est révélée utile pour l'exploitation commerciale. Le système à jet Boeing, mû par un jet d'eau, sert à des opérations de transbordement à Hawaii et en Europe, et la Royal Navy en a acheté une version militaire pour la surveillance des pêches dans la mer du Nord. Tout autre développement de ces embarcations en vue de leur

utilisation en pleine mer se fondera probablement sur le principe des plans porteurs commandés et immergés, mais comme elles sont extrêmement sensibles à l'adjonction de poids et que, par suite, leurs charges payantes sont relativement faibles et leurs dépenses en immobilisations élevées, en raison des matériaux spéciaux qui interviennent dans leur conception et de leurs frais de construction, il est peu probable qu'elles connaissent une expansion rapide, si ce n'est à des fins déterminées, vraisemblablement militaires.

Des aéroglisseurs pouvant recevoir plus de 300 passagers sont actuellement utilisés sur la Manche, dans la mer Baltique et au Japon. On ne cesse d'apporter des perfectionnements à la conception de leur jupe, surtout en tirant parti des retombées des programmes militaires de développement de navires à effet de sol.

1.6 DÉGLACAGE

Le tracteur à vis d'Archimède, véhicule amphibie qui marche sur des rotors cylindriques dont les faces sont munies de lames hélicoïdales, a connu une recrudescence d'activité en tant que véhicule de l'Arctique. Mis au point à l'origine par la Chrysler Corporation pour servir en terrains marécageux, une firme japonaise et un laboratoire d'essai canadien l'ont reconçu à titre de brise-glace et mis à l'essai. Il démontre une grande aptitude à la traction dans et sur les glaces et l'eau. Une version de 10 tonnes est soumise à l'évaluation sur le versant nord de l'Alaska.

Les aéroglisseurs, ou véhicules à coussin d'air, peuvent être utilisés pour le déglaçage. Il a été constaté qu'ils peuvent fendiller la glace jusqu'à une épaisseur de deux pieds. La Garde côtière canadienne, encouragée par les résultats d'un programme d'essai triennal, a construit une plate-forme à coussin d'air qui se fixe sur l'étrave d'un brise-glace et des études sur une étrave solidaire aéroglisseur-brise-glace se poursuivent. Les Soviétiques ont fait dernièrement l'acquisition de cette innovation technologique qu'ils appliqueront au déglaçage en rivières peu profondes.

Les techniques mises au point en vue d'améliorer l'acheminement du trafic par les écluses de la voie maritime du Saint-Laurent intéressent au plus haut point le Canada. Face aux retards de transport qu'entraîne le franchissement des écluses, on poursuit des études et des expériences visant à réduire au minimum les pertes de temps. Des remorqueurs de conception spéciale et des appareils de touage ont fait l'objet d'une étude et le Conseil national de recherches a effectué des études approfondies sur modèles du système.

1.7 BRISE-GLACE

La flotte mondiale de brise-glace n'a cessé de croître au fil des ans. C'est l'URSS qui dispose de la plus grosse flotte, soit plus de 40 unités dont quatre à propulsion nucléaire de la classe arctique. L'un de ces navires, l'ARKTIKA, est le premier à être parvenu au pôle nord au mois d'août 1979. Disposant d'une puissance de 75,000 HP communiquée à trois hélices, l'ARKTIKA est doté de plusieurs des dernières réalisations des sciences et de la technologie de l'URSS.

Préparé avec soin sur une période de trois ans, le voyage d'aller et retour, d'une distance de 3,852 milles, n'a pris que treize jours. En faisaient partie 36 scientifiques qui ont recueilli une foule de données sur tous les domaines.

Deux brise-glace de classe polaire des Etats-Unis, le POLAR STAR et le POLAR SEA, ont été respectivement mis en service en 1977 et en 1978. Ils disposent également d'une puissance de 75,000 HP communiquée à trois hélices actionnées par des turbines à gaz et des moteurs diesel. Ils ont éprouvé des difficultés de fonctionnement des hélices.

La Garde côtière canadienne met au point la conception d'un brise-glace polaire de classe 8, propulsé par des appareils classiques, afin d'aider les navires de commerce qui doivent se rendre dans les zones arctiques dans les années 1980.

Dans le cadre de son programme de mise en valeur de gisements pétrolifères dans la mer de Beaufort et de transport du brut, la société Dome Petroleum of Canada a construit le brise-glace KIGORIAK d'une puissance de 16,500 HP en une période record de neuf mois en 1978-1979. Ce navire présente de nombreuses caractéristiques distinctives et constitue un prototype d'essai pour les pétroliers équipés en brise-glace d'un port en lourd de 250,000 tonnes dont on envisage la construction. Le projet pilote de l'Arctique, entreprise réalisée en commun par Pétro-Canada, NOVA, AN ALBERTA CORPORATION, Dome Petroleum Limited et Melville Shipping Ltd., prévoit la construction de deux

méthaniers de déglaçage de 150,000 m^3 qui transporteront du gaz de pétrole liquéfié à partir de l'Est de l'Arctique canadien.

Section 2.--AIDES CLASSIQUES

Les aides à la navigation classiques sont soit visuelles (feux, voyants, repères colorés), soit acoustiques (cornes de brume, bouées à cloche, etc.). Etant donné que le navigateur s'en remet dans une large mesure aux objets qu'il aperçoit, du moins par beau temps, les aides visuelles telles que les bouées, les balises et les phares continueront à être en demande pendant plusieurs années à venir. Au point de vue technologique, il est de plus en plus possible de remplacer les avertisseurs de brume par des aides radioélectriques tels que des appareils radar de haute précision. Toutefois, les propriétaires ne sont pas toujours empressés d'acheter le matériel connexe de bord. On prévoit que les petits navires, les bateaux de pêche en particulier, compteront dans un avenir prévisible sur les phares, les avertisseurs de brume et les bouées de navigation.

Les aides visuelles se normalisent davantage dans le monde par suite de l'action d'organismes internationaux tels que l'Association internationale de signalisation maritime (AISM). Cette normalisation s'accompagne de perfectionnements technologiques portant sur les repères colorés, les feux et les signaux de code.

En ce qui concerne les bouées, les travaux de développement portent notamment sur des marques pouvant mieux résister à l'action des vagues et des glaces, sur des coffres d'amarrage synthétiques, sur des peintures résistant à l'abrasion et à la salissure et sur d'autres sources d'énergie tels que les panneaux solaires. L'objectif visé consiste à porter le cycle d'entretien d'une année (période actuelle)

à trois ans. Cette réalisation permettrait de réaliser une économie considérable des ressources exigées pour l'entretien des bouées.

La prochaine décennie sera marquée par une plus grande utilisation de l'énergie photovoltaïque solaire pour plusieurs milliers de feux de navigation de moindre importance qui, à l'heure actuelle, font surtout usage d'accumulateurs. On prévoit qu'il se fera aussi un plus grand usage des moteurs éoliens, du moins dans les stations de phare côtières, à mesure qu'augmentera le coût du combustible fossile et que sa disponibilité diminuera. Aux stations qui continueront à utiliser de l'énergie produite sur place, les moteurs devront donner un meilleur rendement, et l'on prévoit que la récupération de la perte de la chaleur que produisent les moteurs se normalisera davantage. L'utilisation de l'énergie commerciale des réseaux nationaux sera portée au maximum à mesure que les câbles sous-marins et les réseaux de câbles aériens offriront une plus grande fiabilité.

Dans l'Arctique, l'existence d'une très grande fiabilité s'impose impérieusement, car les conditions d'entretien sont des plus difficiles. Les groupes générateurs thermo-électriques à propulsion nucléaire ou les moteurs à cycle de Rankine simple pourraient fournir de l'énergie pendant de plus longues durées. Mais leur avènement exige l'application de la technologie actuelle sur une échelle miniaturisée.

On prévoit que le nombre de stations de phare télésurveillées ne cessera d'augmenter au cours de la prochaine décennie. Le matériel

automatisé qui rendra cette situation possible est déjà en place et le matériel de contrôle a été soumis à des essais complets et est disponible dans le commerce. On maintiendra en fonction des gardiens à quelques stations où il se présente des problèmes particuliers, par exemple des cas de vandalisme.

Les recherches sur les aides à la navigation en eaux englacées où il est impossible de se servir de bouées classiques se poursuivront. Les systèmes de remplacement qui feront l'objet d'études comprennent les appareils radar de précision, les dispositifs de repérage accoustique rapporté au fond et les feux d'alignement à grande intensité.

Section 3.--AIDES ÉLECTRONIQUES ET COMMUNICATIONS

La complexité croissante et le coût en capital des navires donneront lieu à des demandes d'amélioration de la gestion de leur exploitation. Les exploitants exigeront que leurs navires soient accessibles à tout moment aux fins de conduite et de manoeuvre.

La réglementation prévoira l'utilisation d'appareils de navigation et de communication propres à accroître la sécurité de la navigation et à réduire les risques à l'environnement et les conséquences économiques des abordages et des échouements.

A mesure que la technologie fera des progrès, la nécessité s'imposera de continuer à assurer certains systèmes et services existants afin de permettre l'exploitation des bateaux de pêche, des embarcations de plaisance et des petits navires de commerce.

3.1 ORIENTATION DES COMMUNICATIONS

A l'avenir, les navires, surtout ceux de grandes dimensions, feront un grand usage des télécommunications commerciales par satellite par comparaison à ceux, relativement peu nombreux (moins de 300), qui les utilisent de nos jours. Tous les navires, munis ou non d'installations de télécommunication par satellite, auront à leur disposition une balise indicatrice de position d'urgence (EPIB) qui, en cas de détresse, donnera l'alerte au réseau à satellite.

Dans le cas des navires ne faisant pas usage des télécommunications par satellite, des techniques d'appel sélectif assureront un service grandement amélioré au moyen de communications à haute fréquence (HF) assurées à la fois par des appareils radiotéléphoniques à bande latérale unique (BLU) et par des radiotéléimprimeurs de correction d'erreurs.

Les navires en mer, surtout ceux qui seront équipés de terminaux de satellites, seront en mesure d'obtenir sur demande, de banques de données côtières, des renseignements au sujet des conditions météorologiques, des conditions de navigation, etc. Des émissions fac-similé régulières demeureront à la disposition des navires désireux d'utiliser ce service. De même, des émissions régulières d'informations maritimes seront disponibles afin d'aider les navires dépourvus de moyens d'accès en temps réel à une base de données centrale côtière. L'efficacité de ces émissions sera accrue par l'utilisation de dispositifs numériques d'appel sélectif (SELCAL).

Les services maritimes (radiotélégraphiques) à ondes entretenues (OE) - (500 kHz, MF-OE) - continueront à être utilisés en raison des prescriptions internationales. Pour les courtes et les moyennes distances, les options suivantes existeront vers 1990:

- 500 kHz, fonctionnement en régime manuel, MF-OE;
- 2182 kHz, communications en phonie sur BLU avec signalisation sur fréquences acoustiques.

Les systèmes de communication MF munis de moyens perfectionnés de

transfert de l'information viendront remplacer les MF-OE. Pour les moyennes et les grandes distances, les options suivantes s'offriront:

- Communications en phonie HF sur BLU avec signalisation sur fréquences acoustiques ou appel sélectif numérique;
- Téléimprimeur de correction d'erreurs en HF avec appel sélectif numérique;
- Télécommunications par satellite.

Les communications en phonie VHF-FM demeureront un dénominateur commun pour les communications à courte distance afin de soutenir les services de sécurité et les opérations de manoeuvre des navires. Pour ce qui est des gros remorqueurs, des navires spécialisés (transbordeurs, hydroptères, aéroglisseurs) et des navires de mer (étrangers ou nationaux), l'échange d'informations numériques viendra augmenter sensiblement les communications en phonie.

On peut prévoir que le besoin d'accès rapide aux données des opérations portuaires et de navigation stimulera la transmission des données navire-navire et navire-terre. L'information sur les aides à la navigation, les messages-avis d'acheminement, la prévision du temps et autres services seront offerts en plus grande quantité qu'à l'heure actuelle et prendront la forme de représentations graphiques et de textes.

3.2 ORIENTATION DE LA NAVIGATION

Le LORAN A est suranné. La navigation électronique en zones océaniques et côtières fera probablement appel au LORAN C, système de transmission à faible puissance exploité par chaînes de 3 à 5 stations, au TRANSIT ou à un système de navigation hybride comportant l'utilisation d'un système de navigation par satellite, au récepteur OMEGA et au système de navigation à l'estime.

Le système OMEGA, qui devait assurer une couverture mondiale, ne s'est pas révélé aussi fiable qu'on le prévoyait, surtout à moins de 50 milles marins des côtes. Les utilisateurs le délaissent.

Le système mondial de mise en position NAVSTAR sur satellite, qui à l'heure actuelle dessert surtout la U.S. Navy, est censé attirer des clients internationaux et nationaux et pourra finir par remplacer les autres systèmes de navigation électronique.

PRANS (système de navigation radar de précision), aide radioélectrique de grande précision, a subi des essais opérationnels aux Etats-Unis et au Canada et semble présenter de bonnes possibilités d'implantation dans les voies navigables intérieures et les passages resserrés.

On développe des systèmes qui feront fonction d'auxiliaires de navigation sur la passerelle et qui permettront à la fois d'économiser du combustible en tenant une route optimale et d'éviter les échouements et les abordages. L'un de ces systèmes est le MARB (Maritime Applications Bridge System: système de passerelle à applications

maritimes), réalisé par l'IBM. Sperry, société importante dans le domaine des instruments, a mis au point un système, le CAS (Collision Avoidance System: Système de prévention des abordages) qui, au moyen d'affichage graphique commandé par ordinateur, couvre la zone prévue de dangers sur l'écran du radar de prévention des abordages et fournit les informations nécessaires en cas de rencontre de cibles multiples. Decca Radio Ltd., firme britannique, a mis au point un dispositif appelé "Dial a Picture". Utilisant le système normal navire-terre, ce dispositif peut, sur numérotation au cadran, présenter une image de l'entrée du port ou une configuration des postes d'amarrage et obtenir, à l'aide d'un appareil téléphonique ordinaire, des informations sur un sinistre ayant provoqué un déversement d'hydrocarbures et sur des opérations de recherche et de sauvetage.

3.3 GESTION DU TRAFIC MARITIME

Des systèmes de gestion du trafic maritime (VTM) ont été mis au point afin de réglementer le trafic qui s'approche de voies navigables et de ports encombrés. Ils ont pour fonction d'assurer le temps optimum de réaction nécessaire pour donner des instructions correctives appropriées dans les cas d'encombrement, de très gros navires, de cargaisons présentant des dangers pour l'environnement et d'infractions aux règles de sécurité. Ils sont constitués de matériels et de logiciels qui assurent la coordination, la synchronisation et la poursuite automatique nécessaires au moyen d'appareils radar multiples et de terminaux à écran de visualisation. D'autres sous-systèmes comprennent des radiogoniomètres, des générateurs de cartes, des appareils de télécommande,

des dispositifs de contrôle et des unités centrales de traitement. La société Leigh Instruments of Canada leur apporte continuellement des améliorations afin de répondre à des conditions d'utilisations particulières.

3.4 ORIENTATIONS PRÉVUES

Les transformations qui s'opèreront dans le domaine de la navigation maritime et des télécommunications auront pour aboutissement les applications suivantes de la technologie des communications et de l'électronique:

a) On fera un plus grand usage de la logique numérique dans le matériel et l'on utilisera à bord des navires différentes formes de processeurs afin d'appliquer l'information à la conduite, à la manoeuvre et aux communications des navires ainsi qu'à l'arrimage des cargaisons.

b) On mettra l'accent sur les liaisons par satellite et la technologie des microondes.

c) On aura davantage recours à l'échange de données numériques afin de compléter les télécommunications en phonie.

d) Le transfert en temps réel de l'information entre navires et entre navires et installations côtières se fera par interrogation directe au moyen de systèmes de communications, de systèmes de prévention des abordages et d'autres dispositifs d'aide à la navigation.

e) Le spectre des fréquences sera utilisé plus efficacement grâce à des techniques évoluées de modulation, au partage du spectre, au multiplexage et aux techniques de compression des données.

f) Les services de télécommunications maritimes seront de plus en plus automatisés et les appareils radiotéléphoniques VHF seront d'usage courant vers l'an 2000.

g) L'affichage de l'information sera révolutionné grâce à une plus grande capacité des mémoires électroniques permettant la corrélation des données, l'utilisation de générateurs de programmes symboliques, etc., en vue de réaliser des présentations vidéo, graphiques et d'autre nature.

h) On assistera à la naissance de dispositifs embarqués, tels que les systèmes de navigation à infrarouge et les appareils de télévision à très faible luminance qui détecteront les bourguignons (ou growlers) afin d'assurer la sécurité de la navigation en eaux englacées.

i) Des véhicules télépilotés effectuant une enquête tactique des propriétés des glaces seront peut-être mis au point.

Section 4.--TERMINAUX

Les terminaux constituent une liaison essentielle dans le réseau de transport maritime. Les critères de base d'un terminal veulent que celui-ci puisse recevoir une gamme de navires de différentes dimensions et leur assurer un tirant d'eau, des aires de manoeuvre, des postes à quai et autres services nécessaires, qu'il soit convenablement protégés contre l'action des vagues, des courants et des glaces pour permettre d'opérer le chargement et le déchargement en toute sécurité et avec le moins d'interruptions possible et qu'il dispose, en outre, d'un hinterland bien desservi pour l'obtention et la distribution des marchandises. L'implantation d'un terminal entraîne un fort investissement de capitaux et le choix de l'emplacement et la construction sont précédés de travaux considérables de planification et de génie et, souvent, d'essais sur modèle. La nécessité d'exécution de travaux de ce genre s'est affirmée par suite de l'introduction de grands terminaux monovalents--pétrole, gaz, vrac, conteneurs--et de l'inexistence d'emplacements abrités. On met au point des techniques de chargement et de déchargement en mer lorsque les conditions riveraines ne se prêtent pas à l'aménagement de terminaux. Les situations de cette nature obligent à faire usage des navires LASH, dont il a été question plus haut, et du système d'amarrage en un point unique (SPMS: Single Point Mooring System).

Les problèmes et les travaux de développement qu'entraînent la construction de ports en général et l'aménagement de terminaux spécialisés sont mis en relief ci-dessous. Les caractères propres aux terminaux de l'Arctique sont indiqués séparément.

(i) Les ports

Il devient de plus en plus difficile de trouver des emplacements raisonnablement abrités pour l'aménagement de ports en eau profonde. La suppression de la houle par des brise-lames faits de main d'homme appelle de grandes innovations ainsi que la mise à l'essai de différents types d'ouvrages et de matériaux de construction. Le Japon, plus que tout autre pays peut-être, est confronté à ce problème et il effectue des travaux importants dans ce domaine à son Institut des ports et hâvres.

Même lorsque les brise-lames assurent une protection raisonnable, les mouillages et les défenses sont soumis à de fortes charges aux terminaux en eau profonde destinés aux superpétroliers. Les travaux de développement dans ce domaine se poursuivent, tant au moyen de modèles physiques que mathématiques. Les améliorations apportées dernièrement au matériel de chargement et de déchargement permettent aussi de mieux résister aux mouvements de gros navires. La dynamique de l'interaction navire/terminal est complexe et n'est pas toujours bien comprise. A ce jour, il n'existe pas de normes de sécurité acceptable à l'échelle internationale.

Un autre problème qui se pose dans les ports protégés tient à l'envasement résultant de la perturbation du régime naturel. D'où la nécessité d'exécuter des travaux de dragage d'entretien coûteux. La Hollande et le Royaume-Uni font des recherches sur les aspects hydrauliques de ce problème, mais aucune solution innovatrice ou économique ne semble jusqu'ici s'annoncer.

Au problème de l'envasement s'ajoute celui de l'affouillement à proximité des quais. L'étendue en dessous des caissons et des palplanches est l'objet d'une dégradation, causée par les propulseurs de commande d'orientation de l'étrave et par les hélices. On peut remédier à la situation en déposant, au moment de la construction, des remblais appropriés le long des pieds des encoffrements ou de la face des rideaux de palplanches en acier, sans augmenter de beaucoup le coût de l'entreprise. Toutefois, la question de trouver des solutions qui, aux installations existantes, seraient efficaces compte tenu du coût reste à l'étude.

(ii) Les terminaux pétroliers

La conception et la construction de terminaux pétroliers à l'usage des très gros pétroliers et des superpétroliers ont fait des progrès extrêmement rapides au cours de la dernière décennie. L'aménagement d'un terminal dans les îles Shetland en Grande-Bretagne offre l'exemple d'une installation qui a été implantée en dépit d'inconvénients énormes: mer forte, terrain meuble, inclémence de la température. Mais en raison d'une chute prévue de la demande, l'aménagement de terminaux pétroliers est à peu près au point mort.

On a construit en plusieurs lieux du monde, y compris dans la baie de Fundy, des systèmes d'amarrage en un point unique (SPMS) constitués par des bouées en eau profonde fixées à l'extrémité de pipelines sous-marins. Le développement de ces systèmes semble vouloir accuser désormais un recul en raison de la diminution du trafic pétrolier.

(iii) Les terminaux méthaniers

Ces terminaux consistent en des installations de liquéfaction et de regazéification. En règle générale, on construit ces installations près des côtes, mais on a utilisé dernièrement avec succès des installations de traitement montées sur chalands qui détermineront peut-être l'aménagement des terminaux méthaniers à l'avenir. En raison des dimensions courantes des méthaniers, soit 125,000 m^3 ou 165,000 m^3, le tirant d'eau ne pose pas un problème critique.

(iv) Le vrac

Les terminaux de vrac qui manutentionnent du minerai de fer ou du charbon doivent faire l'objet d'innovation; ils doivent être conçus de manière que l'avant des navires en chargement soit parallèle ou perpendiculaire au quai ou forme avec celui-ci un angle de 45^{o}. Les navires pourraient ainsi s'avancer en direction des vagues ou des vents, de sorte qu'un plus grand nombre de postes à quai seraient disponibles. D'autres innovations comprennent le déchargement des trains en mouvement, l'empilage ou la reprise sans interruptions, la manutention de plusieurs types de produits. De plus, l'intégration en un premier temps de la conception des ouvrages techniques et des mesures de protection de l'environnement améliorerait considérablement la qualité de l'environnement.

Historiquement, le Canada a été le premier pays à utiliser à l'été de 1981 dans l'Île de Little Cornwallis une installation de traitement du minerai montée sur chaland. Ce chaland, de grande taille et d'une largeur de 100 pieds, avait été construit sur le Saint-Laurent

et remorqué jusqu'à l'emplacement, puis mis à terre.

Une étude conceptuelle portant sur un terminal de bouillie de charbon démontre que les frais de manutention y représenteraient moins du tiers de ceux qui seraient exigés à un terminal classique. Bien entendu, on suppose l'existence d'une jonction avec un pipe-line porteur de bouillie de charbon. En raison du tonnage en attente de déchargement des très gros pétroliers, l'expédition de bouillie de charbon pourrait offrir une option rentable dans les dernières années de la décennie 1980.

(v) Les conteneurs

Deux problèmes se présentent aux terminaux à conteneurs: 1° les lourdes charges imposées à l'aire asphaltée et l'entretien s'y rattachant; 2° les systèmes de gestion que nécessite le traitement de ces conteneurs. Le premier problème est surtout d'ordre technique et peut se régler par le recours à une conception appropriée et l'application des méthodes actuelles de construction. Quant au second, l'informatique intervient de plus en plus dans sa solution.

(vi) Les terminaux de l'Arctique

La construction du premier terminal de vrac de l'Arctique a été parachevée en 1977 à Nanisivik, au Canada, et il sert au chargement du minerai de zinc et de plomb. Il est muni des instruments nécessaires à l'enregistrement de la pression de la glace. Les constatations préliminaires indiquent que les critères de conception qui ont été appliqués manquaient peut-être de rigueur.

En raison des frais astronomiques qu'entraîne le transport de tous les matériaux vers l'Arctique, il est probable que les terminaux seront à l'avenir construits dans le sud, flottés jusqu'à leur destination, puis mis à terre ou ancrés en place. Cette méthode, dont on s'est servi dernièrement pour les opérations du COMINCO dans l'île de Little Cornwallis, est envisagée pour le projet pilote de l'Arctique qui comporte le transport de gaz naturel liquéfié à partir de l'Arctique canadien jusqu'à des terminaux sud, au Canada ou aux Etats-Unis. Les Etats-Unis effectuent à l'heure actuelle des études conceptuelles portant sur les terminaux situés sur le versant nord de l'Alaska.

(vii) Autres ouvrages côtiers maritimes

a) OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion: conversion de l'énergie thermique océanique) - La centrale OTEC produit de l'énergie en utilisant l'écart de température (environ 20°C) que présente la couche superficielle et les couches profondes des mers tropicales. Une centrale prototype de 10 mégawatts, en voie de conception, aura un port en lourd de 500,000 tonnes et sera munie d'une énorme canalisation verticale, longue d'un km et d'un diamètre de 30 m, qui amènera de l'eau de haute mer jusqu'à son cycle d'énergie. Des centrales OTEC seront vraisemblablement mises en service, avant la fin de la décennie en cours, dans les Caraïbes, dans le golfe du Mexique, au Brésil, en Afrique, en Indonésie, dans les îles du Pacifique et au Japon. L'aménagement de ces centrales donnera naissance à ces concepts qui auront des retombées sur la conception et la construction des terminaux maritimes.

b) Générateurs de vagues - La récupération d'énergie électrique provenant des vagues au bord de la mer se poursuit lentement dans plusieurs pays, dans le cadre de projets pilotes.

(viii) Autres progrès se rapportant aux terminaux

- Matériel perfectionné de dragage et d'enfonçage de pilots, dont l'utilisation se fait de plates-formes sur vérins plutôt que de chalands flottants.

- Matériel de dragage auto-élévateur et semi-submersible qui élimine les problèmes causés par les vents et les marées avec lesquels sont aux prises les dragues classiques.

- Construction d'îles artificielles au large des côtes en vue de la production d'énergie et chargement de navires en eaux englacées.

- Plus grande utilisation de terre renforcée derrière les parois en béton coulé d'avance, afin d'assurer la protection des ports. Cette technique a été introduite en Europe et aux Etats-Unis un peu après 1960 mais elle n'a été employée au Canada que dans le port de Montréal et le long de la péninsule de Gaspé.

- Utilisation de véhicules semi-submersibles et circulaires capables de forer les glaces et de plates-formes de production.

Section 5.--MANUTENTION DES MARCHANDISES

Dans les années 1960, les expéditions mondiales, exprimées en tonnes ou en tonnes-milles, des principaux produits en vrac (charbon, minerai de fer et grains) et des marchandises diverses ont presque doublé. Au cours de cette période, la manutention des produits en vrac a fait de grands progrès techniques en vue de réaliser les débits beaucoup plus élevés qui étaient nécessaires. L'avènement de la conteneurisation au milieu de la décennie 1960 a révolutionné la manutention des cargaisons désarrimées et permis de les acheminer, par voie de transport intermodal, jusque chez le consommateur. Mais pendant les années 1970, l'augmentation correspondante des expéditions mondiales n'a atteint qu'environ 33% en raison de divers facteurs économiques. Les perfectionnements technologiques étaient marginaux et de nature évolutionnaire.

D'une manière générale, le mouvement des trois principaux produits en vrac s'effectue de l'Australie, de l'Argentine, du Brésil et du Canada au Japon et à l'Europe occidentale. D'autre part, le mouvement des conteneurs a pour origine le Japon, les Etats-Unis et l'Europe occidentale et s'étend au monde entier à mesure que sont aménagées des installations de réception. Ce schéma de trafic se poursuivra vraisemblablement dans les années 1980. Selon les prévisions, le trafic du charbon, des grains et des conteneurs doublera pendant la décennie en cours.

Le commerce des produits en vrac de moindre importance, tels que le sucre, les engrais chimiques et les produits forestiers, est également important car il représente environ le tiers du trafic total des principaux produits en vrac. C'est dans ce domaine que s'offrent encore de grandes possibilités d'application et d'avancement de la technologie de la manutention des cargaisons.

Les perfectionnements technologiques importants que connaît actuellement la manutention du charbon et des conteneurs ainsi que la manutention à bord des navires sont mis en relief ci-dessous:

(i) Le charbon

On aménage au Brésil et en Australie de nouveaux terminaux charbonniers ayant une capacité de 25 millions de tonnes par année et où le chargement se fait à une allure de 10,000 tonnes par heure sur des vracquiers d'un port en lourd de 160,000 tonnes. Ces chiffres, qui représentent plus du double de ceux des installations actuelles, appellent plusieurs innovations. Par exemple, on envisage l'utilisation de chargeurs linéaires plutôt que de chargeurs radiaux classiques, afin de pouvoir charger, sans déplacement, les navires d'une grande longueur.

(ii) Les conteneurs

Les conteneurs, qui ont fait leur apparition en 1965, sont de nos jours au nombre d'environ 2,500,000 à transporter des marchandises dans le monde entier. Ils sont pour la plupart pris en location. On prévoit que leur nombre passera à six millions d'ici 1990. L'acier, en particulier l'acier Corten, est venu remplacer presque entièrement

l'aluminium dans leur construction. Leur normalisation, qui s'est opérée par l'application de la Convention internationale sur la sécurité des conteneurs, assure la stabilité de manutention à l'échelle internationale. Un large champ d'action s'ouvre au développement des conteneurs spécialisés, par exemple des modèles frigorifiques, ventilés et superthermiques, pour le transport de marchandises spéciales telles que les produits agricoles, le poisson, etc. Etant donné que le trafic des conteneurs se fait dans un seul sens, on a accordé beaucoup d'attention à la réduction du coût de transport des conteneurs vides. Au point de vue technologique, on a mis au point des conteneurs repliables mais ils n'ont pas joui d'une grande faveur en raison de la main-d'oeuvre et du temps que nécessite leur gonflement et aussi à cause du risque d'une défaillance lorsqu'ils sont empilés. Les conteneurs empilables qu'on est en train de mettre au point ont plus de chances de se voir accepter.

C'est le matériel de manutention des conteneurs qui, de loin, a enregistré les plus grands progrès. Des chariots cavaliers ont été mis au point afin d'accélérer le déchargement et la rotation des navires porte-conteneurs coûteux. Toutefois, en raison de la dépense qu'ils entraînent, leur utilisation n'est justifiée qu'aux terminaux à fort volume de trafic. C'est dire qu'on doit faire usage de terminaux et de services de manutention moins coûteux aux ports à faible volume de trafic. Il s'agit là d'un domaine où l'innovation technologique devra intervenir si le trafic des conteneurs doit prendre de l'expansion comme prévu.

Une possibilité s'offre: mettre au point des modules qui permettraient de soulever à la fois de 30 à 40 conteneurs. Les modules de ce genre pourraient être déposés dans un navire à accès horizontal capable d'embarquer des conteneurs lourds par l'arrière, puis déplacés dans le plan horizontal sur des voies ferrées et dans le plan vertical par des monte-charge. En plus de réduire grandement le temps de rotation, ils pourraient être utilisés sur des quais préalablement munis de voies ferrées. Les différences dues au tirant d'eau et à l'effet de la marée seraient compensées par l'élévateur à l'arrière du navire.

(iii) Les autodéchargeurs

Pour les trafics à courte distance ou pour ceux d'un caractère déterminé (par exemple, dans le cas des Grands lacs), les systèmes de transport faisant appel aux autodéchargeurs du type à gravité accapareront une plus grande part du marché dans les années 1980. Ces systèmes offrent une plus grande souplesse, sans compter qu'ils sont simples et économiques. Ils réduisent les frais d'expédition de quai à quai, surtout lorsqu'il s'agit de ports de destination munis de services et installations limités. Le développement du commerce dans de nouvelles régions du monde non desservies à l'heure actuelle par des ports modernes et la réapparition du charbon partout dans l'univers comme source énergétique entraîneront au cours de la prochaine décennie une augmentation sensible du nombre des nouveaux ports importateurs de vrac. Le choix des autodéchargeurs est tout indiqué en pareils cas et l'évolution technologique se chargera de les adapter aux navires de grande longueur.

Dans le domaine des déchargeurs du type à vagues continues, on cherche à réaliser un plus fort débit, à abaisser la consommation d'énergie, à réduire les frais de manutention et à améliorer la qualité de l'environnement. La poussière constitue le principal risque à l'environnement. On met au point le matériel des postes de dépoussiérage, surtout celui qui servira dans le cas des phosphates, de la potasse et des engrais chimiques. Les pressions de plus en plus fortes qui s'exercent sur les terminaux situés à proximité des centres urbains aboutissent à l'adoption d'une réglementation très rigoureuse concernant l'émission de poussière. Mais l'application véritable de cette réglementation repose sur l'avènement d'innovations technologiques de nature à apaiser les craintes exprimées par les agglomérations en cause.

Section 6.--DEPOLLUTION

En ces dernières années, les perfectionnements technologiques axés sur la prise de contre-mesures en cas de déversement d'hydrocarbures en mer ont porté notamment sur l'amélioration des estacades et des écrémeurs et sur la dissipation des nappes d'hydrocarbures par des moyens chimiques.

Pendant longtemps l'aménagement d'estacades était considéré comme utile dans les ports et en eaux calmes où le déroulement d'opérations importantes de nettoyage s'imposait souvent à la suite d'accidents résultant de l'encombrement de la circulation maritime et où l'exécution de travaux de nettoyage de moindre importance devait se poursuivre continuellement aux postes de mazoutage. Toutefois, l'éruption du puits de pétrole à la plate-forme Bravo dans le secteur d'Ekofisk de la mer du Nord a fait apparaître la nécessité de recourir à l'utilisation d'estacades en mer. Aussi procède-t-on à la conception et à la construction d'estacades pouvant résister à la violence des vagues. La U.S. Coast Guard a mis au point une grande barrière antipétrole qu'une embarcation marchant à grande vitesse peut mettre en place. Mais la résistance supplémentaire que doivent posséder les barrières de ce genre présente des difficultés qu'on a réussi à surmonter dans une certaine mesure en ayant plutôt recours à des estacades gonflables légères qu'une embarcation autonome peut mettre en place en 10 ou 12 minutes. Un programme d'évaluation a démontré que l'embarcation autonome en est encore au stade de développement et qu'elle pose des problèmes de stabilité.

L'estacade même engendre un courant descendant qui permet aux hydrocarbures de s'échapper lorsque les vagues atteignent une hauteur d'un à deux pieds.

En règle générale, les estacades, quelle qu'en soit la conception, n'exercent pas leur action de barrières de retenue en présence de courants d'une vitesse supérieure à un noeud, et le balayage de vastes étendues de la mer au moyen d'estacades et d'un écumeur présentant la forme d'un V ne donne pas de résultats satisfaisants. Néanmoins, la société IHC de Hollande, s'inspirant du concept d'écrémage par balayage, a conçu un ensemble constitué d'une marie-salope à aspiration et d'une citerne d'écrémage.

La Garde côtière canadienne préconise l'utilisation d'estacades gonflables légères qui encerclent et concentrent une nappe et dérive avec elle alors qu'on lance un écrémeur pour la récupérer.

En ce qui concerne les écrémeurs, plusieurs firmes des Etats-Unis ont conçu des appareils qui consistent essentiellement en de grandes ceintures d'absorption placées sur un navire pouvant tenir la mer. Mais il s'agit là d'une entreprise coûteuse qui ne saurait être justifiée qu'à une installation fixe, par exemple au terminal d'une raffinerie. Etant donné qu'un déversement d'hydrocarbures peut se produire en un lieu très éloigné du point d'attache du navire porteur des ceintures d'absorption, il convient de mettre l'accent sur des installations portatives qu'on peut transporter par avion jusqu'au point où s'est produit le déversement et placer à bord du navire.

Parmi ce type d'écrémeur, c'est celui qui s'inspire du principe du disque rotatif qui jouit d'une plus grande faveur. Une firme norvégienne a conçu un écrémeur à disque flottant, non doté de personnel, qu'on descend par-dessus bord jusque dans la nappe d'hydrocarbures que des tuyaux flexibles flottants amènent au navire. L'écrémeur de mer de construction britannique fonctionne selon le même principe mais doit être mis en place à l'aide d'une grue. Un troisième écrémeur, construit en Norvège, a amélioré le concept de l'estacade par l'utilisation d'un bras articulé à manoeuvre hydraulique. Il peut être lancé, utilisé et ramené par un opérateur installé dans une cabine de commande où il est à l'abri des dangers. La société Thune-Eureka d'Angleterre a mis au point un écrémeur automoteur qui peut enlever en une heure 150 tonnes de brut de la mer du Nord. Cet écrémeur peut fonctionner lorsque la force du vent atteint de 4 à 5 noeuds et que la hauteur des vagues est de 3 m. Il se révèle efficace quand la densité minimale de la nappe est de 12 mm.

En Grande-Bretagne, des cordages de polypropylène fibrilleux ont été utilités avec succès en des lieux situés à l'intérieur des côtes, par exemple dans des ports et sur des lacs et rivières. Les cordages sont amenés en une boucle continue dans la nappe où ils s'imprègnent. Ils sont ensuite ramenés par treuil dans le système de récupération où ils passent dans des rouleaux compresseurs alors que les hydrocarbures se dégagent et se déposent dans une citerne. Ce système à effet continu, dénommé système Barracuda, permet de récupérer 6,000 litres par heure.

Le domaine qui connaît la plus grande activité est celui des agents de dispersion des déversements d'hydrocarbures. Introduits dans les premières années de la décennie 1960, ces produits favorisent la décomposition et la dispersion des nappes, à peu près de la même manière que le savon émulsifie la graisse. Leur pulvérisation se fait surtout de bateaux de pêche ou de remorqueurs spécialement équipés à cette fin. L'agent de dispersion chimique décompose la nappe et crée ainsi une émulsion d'huile dans l'eau. En 1975, des versions plus concentrées de ces produits ont fait leur apparition sur le marché et l'on a songé dès lors à faire l'épandage par avion, ce qui aurait offert de grands avantages logistiques. Toutefois, on a constaté que l'épandage aérien en diminuait l'efficacité. Quoi qu'il en soit, les problèmes inhérents à la grosseur des gouttelettes, au dosage et à la dérive des agents de dispersion doivent être réglés avant que cette technique prometteuse puisse être considérée comme efficace en fonction du coût. A l'heure actuelle, les gouvernements et des groupes industriels de France, de Grande-Bretagne, du Canada et des Etats-Unis cherchent à résoudre les problèmes que suscite l'épandage aérien des produits de dispersion.

Dans l'Arctique, les déversements d'hydrocarbures causent des problèmes supplémentaires en raison de la couche de glace et de la grande fragilité des organismes vivants. Au Canada, le gouvernement fédéral parraine, au coût de sept millions de dollars, un programme quinquennal de R et D portant sur les déversements d'hydrocarbures en milieu maritime dans l'Arctique. Ce programme a surtout pour objet de recueillir des renseignements écologiques de base.

Les méthodes d'écrémage des hydrocarbures employées dans le sud du Canada pourraient servir pendant une partie de l'année dans l'Arctique. On étudie de nouveaux procédés qui seraient applicables en hiver. L'étendue du mouvement des hydrocarbures autour d'un lieu où il y a eu déversement a été examinée au point de vue de la rugosité de la partie inférieure de la couche de glace et des courants d'eau et la possibilité de pratiquer des fentes dans la glace ou de faire brûler sur les lieux des hydrocarbures en utilisant différents agents qui favorisent la combustion fait l'objet d'une étude.

Une observation générale s'impose. La R et D sur les déversements d'hydrocarbures ne peut se faire que jusqu'à un certain point en laboratoire ou dans un bac à essai. Il faut ensuite effectuer une évaluation pratique afin de vérifier l'authenticité des données obtenues des travaux sur modèle. Malheureusement, une telle évaluation est très coûteuse. De plus, elle entraîne le déversement de produits pétroliers, mesure que les règlements sur les déversements en mer interdisent formellement. On peut employer des succédanés de matières végétales oléagineuses, mais ils coûtent environ $500 par baril. En outre, le personnel possédant les aptitudes d'un bon marin intervient rarement dans la conception ou l'exécution d'essais pratiques de ce genre et il est difficile, sinon impossible, de fabriquer des instruments permettant d'évaluer objectivement les résultats de ces essais. Néanmoins, des évaluations pratiques importantes des programmes d'utilisation des écrémeurs et des estacades ont été effectuées en ces quatre dernières années au Canada et aux Etats-Unis. Les essais exécutés par les Etats-Unis ont eu lieu à l'installation Homsett (St. Leonardo) où l'on a répandu de petites quantités de pétrole brut.

Aux Etats-Unis, on a établi un indice de vulnérabilité des déversements d'hydrocarbures. Les zones côtières ont une échelle de 1 à 10; 1 représente l'état le moins vulnérable et 10 l'état le plus vulnérable. Les mesures d'urgence à mettre en oeuvre et le matériel à utiliser pour desservir des zones déterminées se fondent sur cet indice.

Library and Information Centre
Transport Canada
APR 30 1982

Section 7.--CONCLUSIONS

Ce survol des perfectionnements technologiques qui se sont produits sur le plan international dans le domaine du transport maritime démontre que la prochaine décennie sera marquée par des progrès importants dans les secteurs suivants:

- Propulsion des navires;
- Navire de la classe arctique;
- Communications;
- Dépollution;
- Formation;
- Réglementation;
- Installations de traitement de terminaux complexes.

Les perfectionnements qui interviendront dans l'Arctique au cours des années 80 revêtiront une importance toute particulière. La région arctique ouvre des perspectives à l'Administration canadienne du transport maritime (ACTM) et au secteur industriel et leur présente un défi. Dans le domaine du transport maritime, l'ACTM peut favoriser la R et D au plan industriel en offrant un climat de réglementation catalytique et approprié. A cette fin, elle a établi un programme quinquennal de R et D dans l'Arctique qui comprend des activités portant sur la réglementation; les aides à la navigation; les systèmes et services de mouvement des navires; les services de déglaçage et autres services de soutien des navires; la recherche et le sauvetage maritimes; les quais et ports publics.